

論文内容の要旨

氏名 花岡大生

放電加工は絶縁性の加工液中において被加工物と工具電極を対向させ、そこにパルス状の電圧を印加することにより発生する放電現象を用いて被加工物に工具電極形状を転写する熱的な特殊加工法のうちの一つである。放電加工は、金型製作をはじめとした、難削材料の精密加工に用いられている。通常、放電加工は、導電性材料のみに適応されて来たが、近年、開発された補助電極法を用いることで絶縁性材料へも加工が可能となっている。金型製造においても離型性や機械的特性の向上を目的にセラミックス材料を用いる試みが行われているが、複雑形状の部品を高精度で製造するのは困難なため、金型材料として普及していない。そこで、セラミックス材料を複雑形状に高精度で加工することが可能な補助電極法を用いた放電加工が注目されている。しかし、補助電極法を用いた絶縁性材料の放電加工は解決すべき多くの問題が残されており、未だ実用化はされていない。そこで、本研究は補助電極法を用いた絶縁性材料の放電加工の実用化へ向けて、現状の補助電極法を用いた絶縁性材料の放電加工が抱える問題の改善を目的とした。

本論文は7章から構成され、補助電極法を用いた絶縁性材料の放電加工の実用化へ向けて、現状の補助電極法を用いた絶縁性材料の放電加工が抱える問題の改善方法について示した。各章の概要を以下に示す。

第1章「序論」では放電加工の特徴と補助電極法を用いた絶縁性材料の放電加工の特徴について記述した。また、現状での絶縁性材料の放電加工の問題点を挙げ、研究の背景と目的を記述した。

第2章「絶縁性材料の放電加工の問題点と改善手法」では、これまで行われてきた補助電極法を用いた絶縁性材料の放電加工が抱える問題点とその原因と考えられる要素を整理した。その結果、多くの問題点は、補助電極法を用いた絶縁性材料の放電加工において、加工原理が明確になっていないことから、高エネルギーで非常に長い長パルス放電を多く発生させ、厚い導電性被膜を形成しながら加工を進展させていることにあることを示した。また、これらのことから、問題解決へ向けた新たな加工プロセスの提案をした。

第3章「加工条件の選定」では、2章で提案した加工プロセスを実現するための、各種加工条件の設定を行った。まず、補助電極法を用いた絶縁性材料の放電加工で発生する特徴的な長パルス放電の発生原因とそのメカニズムを解明した。さらに、導電性被膜の除去方法について検討した。これらの結果をもとに、低エネルギーで加工が安定する加工条件を用いて絶縁性材料の加工を行い表面粗さの大幅な改善を行った。また、補助電極法を用いた絶縁性材料の放電加工における加工油の選定を行うため、加工油の物性を変化させた4種類の加工油を用いて、導電性材料と絶縁性材料の放電加工を行い、加工油物性が放電加工特性におよぼす影響につい

て調べた。

第4章「絶縁性セラミックスの形彫り放電加工特性」では、3章で選定した加工条件を用いて、高温で熔融する酸化物系セラミックスである絶縁性ZrO₂セラミックスと高温で分解・昇華する非酸化物系セラミックスである絶縁性Si₃N₄セラミックスに対し補助電極法を用いた放電加工を行い加工特性の評価を行った。また、電極直径を変化させた際の加工特性を調べた。その結果、補助電極法を用いた絶縁性材料の放電加工では電極直径の変化によって同一加工条件下での加工特性が従来の導電性材料の放電加工と比べ大きく変化することがわかった。電極直径を大きくした場合、電極直径の増加につれ長パルス放電と集中長パルス放電の発生頻度が急激に増加し、加工が不安定となることで良好な加工が行えず、さらに電極直径を増加させると加工が不可能となることがわかった。また、電極直径を小さくすると集中放電や短絡といった異常放電が多くなり、加工特性が悪化する結果となった。

第5章「絶縁性材料の大面積加工」では、4章での結果より得られた補助電極法を用いた絶縁性材料の放電加工では、加工可能な面積に制限があることがわかった。これは電極直径を増加させることで給電経路が長くなり、それによって極間の電気抵抗が高くなることで加工が不安定になることに起因する。そこで、板状電極を用いて給電距離を一定に保ったまま大面積を加工可能な走査加工を提案した。また、走査加工を用いて、加工条件を変更し仕上げ加工も行えることや、底上げ抵抗を極間外に設けることで加工入口のエッジ精度が向上することも示した。さらに、コンデンサ電源を搭載した走査加工専用加工機を作成し加工を行うことで、加工面の表面粗さの大幅な向上も実現した。

第6章「絶縁性材料の微細放電加工」では、絶縁性材料の微細放電加工の特徴から、極性反転回路を用いた放電加工を提案し、その効果を確かめた。それにより、従来の単極での加工と比較し、加工速度・電極消耗率・転写精度等絶縁性材料の微細放電加工が抱えていた多くの問題を同時に改善した。また電極形状維持率という新たな電極消耗の評価方法を提案し、連続穴あけ加工時の穴形状精度の評価をおこなった。

第7章「結論」では、本研究により得られた成果を総括し、本論文の結論を示した。また、補助電極法を用いた絶縁性材料の放電加工の今後の技術発展と実用化へ向けた今後の課題について述べた。